

Värmeväxlare lönar sig bättre än säkra återluftsystem

Diskussionen hade funnits tidigare, men i samband med oljekrisen 1973/74 tog den ordentlig fart. Diskussionen om möjligheterna att ta tillvara värme genom återvinning från bl a ventilationsluft. I början infördes återluft okritiskt, men efter hand frågade man sig om det fanns risker i att spara värme genom frånluft. Värmeväxlare har blivit allt vanligare och frågan är då om dessa, trots högre investeringskostnader, är mera lönsamma än säkra återluftsystem.

I en rapport från Institutet för Vatten- och Luftvårdsforskning, IVL, bekräftas att återvinning av värme ur ventilationsluft är lönsam. I de flesta industriella sammanhang är värmeväxlaren mer lönsam än ett säkert återluftsystem. I vissa fall har det t o m noterats att kostnaden för säker återluft varit större än värdet på den återvunna värmen, medan värmeväxlaren varit lönsam.

Rapporten heter "Är återluft lönsam? En jämförelse av säkra återluftsystem och värmeväxlare för värmeåtervinning ur industriell ventilationsluft". Den har utvärderat de tekniska möjligheterna att utforma ett säkert återluftsystem med kontroll av tilluftens renhet innan den återförs till lokalen. Man har dessutom beräknat kostnaderna för några typfall av kompletta återluftsystem. Dessa kostnader har man sedan jämfört med kostnaderna för värmeåtervinning via värmeväxlare (vwx).

Inom ramen för projektet har man studerat värmeåtervinning i sex företag: en bilverkstad, två mekaniska verkstäder, ett snickeri, en monteringsverkstad och ett gjutgodsrenseri.

Kortfattat kan man utläsa följande omdömen om lämpliga metoder för värmeåtervinning i de fyra

olika arbetsmiljöerna (snickerier, verkstadsindustrier, gjuterier och lackeringsverkstäder) som studerats:

Mekaniska verkstäder: Återluft är inte möjlig i mekaniska verkstäder där det bildas oljedimma. Då det bara förekommer något enstaka lösningsmedel kan återluft vara aktuell.

Gjuterier: Ingen återluft till lokaler där gjutning sker eftersom gjutningen ger svåravskiljbara föroreningar av frånluften. Däremot har försök (bl a på Parca, Norrahammar) visat att det vid gjutgodsrenseri går att avskilja metallstoft och sand som förorenar frånluften. Avskiljningen och kontrollen har fungerat enligt kraven som ställts.

Snickerier: Spån och damm, särskilt från ädelträ, har visat sig kunna ge näscancer. Terpener (finns i höga halter i både tall och gran) har samma skadliga effekter på centrala nervsystemet och kan framkalla allergier som andra lösningsmedel.

På partikelsidan är det det finaste dammet som är största problemet.

Även lösningsmedel och terpener måste i regel avskiljas eftersom det hygieniska gränsvärdet

Säker återluft innebär att:

- 1 Frånluften kan renas från föroreningar så man kan nå godtagbara nivåer
- 2 Övervakningen kan ske av att halten föroreningar i tilluften är tillräckligt låg.

(HGV) för terpener är 150 mg/m³. Detta betyder högst 7,5 mg/m³ i tilluft.

Lackeringsverkstäder: Möjligheterna att använda sig av återluft beror på vilka föroreningar som alstras i lokalerna och om de kan avskiljas och övervakas i systemet. Varierar sammansättningen av föroreningarna är återluft utesluten om inte ett komplicerat system för avskiljning och övervakning installeras. För att klara riktvärden krävs i regel stora kolfilter, vilket ökar kostnaderna.

I nedanstående tabell redovisas sammanställningen av de lönsamhetskalkyler för praktikfallen, som i sin helhet finns som bilaga till rapporten. Kalkylerna bygger på prisuppgifter från en rad försäljare och tillverkare inom ventilation, renings-teknik och mätteknik. I de flesta fall finns inga förslag på speciella komponenter av speciellt fabrikt. Priserna är därför approximativa.

I tabellens högra kolumn redovisas summan av nuvärdet. Som synes pekar samtliga beräkningar utom en på att investeringen är lönsam. I de flesta fall rejält lönsam.

Det är frapperande skillnader i lönsamheten för återluft respektive värmeväxlare i olika typer av lokaler med olika grundförutsättningar: föroreningens art och halten föroreningar i från-luften har en avgörande betydelse för möjligheterna att använda återluft med gott resultat.

Det bör emellertid redan här understrykas att de presenterade resultaten inte får ses som representativa för hela respektive bransch. Som framgår nedan krävs nämligen en rejäl kartläggning av samtliga förhållanden som påverkar värmeåtervinning och dito metod innan man beslutar om val av värmeväxlare eller återluft för värmeåtervinning.

ÅTERLUFT – DEFINITION – FUNKTION – PROBLEM

Frånluft = den luft som ventileras ut från en lokal.

Tilluft = den luft som tillförs lokalen.

Återluft = den del av frånluften som efter rening återförs till lokalen.

Kostnaden för de sex praktikfallen

Fall	Nuvärden i kSEK				Summa=vinst
	Investering	Drift och underhåll	Kostnader	Intäkter	
A Bilverkstad					
vvx	680	450	1 130	3 060	1 930
återluft	1 180	1 540	2 720	2 760	40
B Gjutgodsrenseri					
vvx	450	286	736	1 912	1 176
återluft	370	366	736	1 816	1 080
C Mekanisk verkstad (I)					
vvx	980	527	1 507	3 061	1 554
återluft	575	326	901	2 885	1 984
D Mekanisk verkstad (II)					
vvx	900	607	1 507	4 190	2 683
återluft	35	140	175	841	666
E Snickeri					
vvx	780	477	1 257	3 061	1 804
återluft	1 470	2 043	3 513	2 760	-753
F Monteringsverkstad					
vvx	1 315	787	2 102	4 974	2 872
återluft	20	5	25	6 585	6 560

Nuvärdet är den samlade intäkten/kostnaden av investeringen i värmeväxlare eller återluft.

Återluftförling sker alltid med inblandning av uteluft.

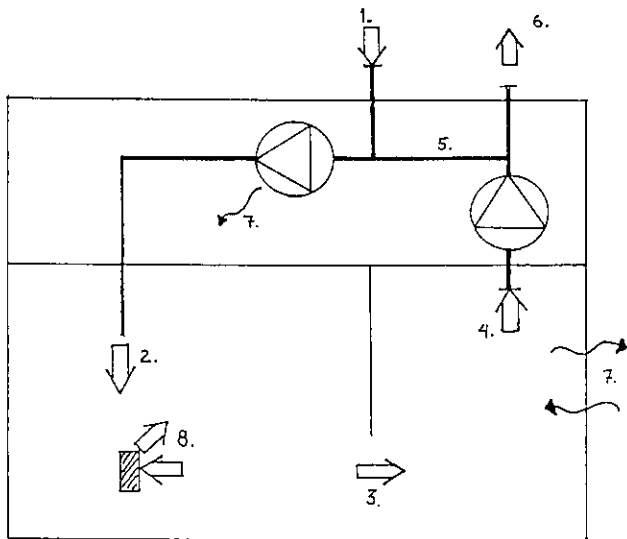
Använder man återluft förs frånluften i regel till ett centralt aggregat för rening genom gas- och partikelavskiljning samt uteluftinblandning.

Det centrala problemet är att man aldrig kan rena frånluften till 100 procent. Luft som återförs innehåller alltså alltid viss mängd av den ursprungliga föroreningen. Skulle reningsutrustningen sättas ur funktion försvinner reningsfunktionen och föroreningarna tillförs lokalen igen.

Det finns också risker för anrikning av vissa ämnen, t ex terpenier i snickerier. Där avskiljs dammet i stofffilter medan de gasformiga terpenerna går igenom.

Stoft som i sig självt kanske är harmlöst kan fungera som bärare av gifter eller mikroorganismer, t ex svampar/mögel.

Av dessa och av psykologiska skäl är information till berörd personal viktig i samband med installation av återföringsanläggningar.



Principskiss över återluftssystem. 1) Uteluft, 2) tilluft, 3) överluft, 4) frånluft, 5) återluft, 6) avluft, 7) läckluft och 8) cirkulationsluft.

BESTÄMMELSER OM VENTILATION

"Luft-, ljud- och ljusförhållanden och övriga arbets-hygieniska förhållanden ska vara tillfredsställande" står det i arbetsmiljölagens (AML) kap 2 § 4. I denna mening finns alltså lagstiftarnas formulering till skydd mot luftföroreningar och klimatfaktorer på arbetsplatsen som påverkas av bl a ventilationen.

Mer utvecklad finns lagen i Arbetskyddsstyrelsens författningssamling (AFS 1980:11, Åtgärder mot luftföroreningar). Där heter det bl a:

Arbetslokal där luftförorening kan uppkomma skall ha väl fungerande ventilation.

Tilluft skall vara så fri från luftförorening som möjligt.

Dess halt av luftförorening skall vara väsentligt lägre än det hygieniska gränsvärdet där sådant finns.

Den högsta tillåtna föroreningshalten i tilluften är i regel 1/20 av det hygieniska gränsvärdet (HGV) med undantag av koldioxid och kolmonoxid där 1/10 av HGV godtas. Alstras kolmonoxiden av avgaser bör tilluften från återluftssystemet dock få innehålla endast 1/10 av det särskilda HGV som gäller för kolmonoxid från avgaser.

I AFS 1978:88, Lokalanvisningar, finns bestämmelser som har direkt tillämpning på krav på instrument och mätstrategi för kontroll av återluft. *Detta är det mest centrala problem man har att hantera vid återluftsanvändning, nämligen att tilluften är av tillräckligt bra kvalitet.* För detta krävs kontinuerlig kontroll av luftkvalitet. I Lokalanvisningarna finns kraven på instrument angivna i punkterna 20 och 26. Bestämmelsernas betydelse är så central att vi här redogör för de viktigaste:

Tilluftens halt av föroreningar ska vara väsentligt lägre än det hygieniska gränsvärdet för föroreningarna.

Återluftsmängden ska anpassas med hänsyn till kraven för luftkvalitet och uteluftsflöde.

Luft med förorening av ämne som är upptaget på listan över cancerframkallande ämnen grupp A och B får inte återföras.

Eventuellt genomsläpp av luftförorening till följd av materialhaveri e d ska snabbt kunna konstateras, om så erfordras med hjälp av instrument.

Vid rening ska samtliga i luftföroreningen ingående ämnen avskiljas i erforderlig grad.

Reningsanordning ska ha tillförlitlig avskiljningsfunktion under förekommande förhållanden.

Då återluftssystemet tas i bruk ska luftkvaliteten i arbetstagarens andningszon kontrolleras genom mätningar, vilka ska ombesörjas av arbetsgivaren.

Arbetsgivaren ska försäkra sig om anläggningens lämplighet innan återföring införs i arbetslokal.

För luft från lokaler där det förekommer svetsning gäller särskilda regler som gör återluft från sådana lokaler omöjligt.

I lokaler där svetsning och skärning förekommer skall fast installerade ventilationsanordningar finnas. Och luft från sådan skall ledas ut ur lokalen. Den får således inte återföras.

Sammantaget innebär dessa krav att:

- Frånluften måste renas så att halten luftföroreningar understiger 1/20 av resp HGV (1/10 för kolmonoxid och koldioxid).

- Halten i tilluften måste mätas kontinuerligt för kontroll av att riktvärdena underskrids. Mätning krävs också för att snabbt upptäcka haverier.

INTERNATIONELLA JÄMFÖRELSER

Enligt rapporten är det inga större skillnader mellan de nordiska ländernas lagstiftning för hanteringen av återluft, men vissa olikheter finns. I USA och EG däremot arbetar man oftast med gränsvärden för föroreningar i tilluft på 1/10 av HGV.

TÄTA LOKALER ETT VILLKOR

Grundtanken bakom återluftföringen är energisparande. Därför bör byggnaden vara så tät att ostyrd ventilation är så liten som möjligt. Otäta lokaler, öppna dörrar och fönster, hjälper lätt till att minska beräknade energivinster, förutom att de också orsakar drag.

I detta sammanhang kan det vara värt att notera tre förhållanden:

- A: Efter energikrisen utrustades vissa anläggningar för till- och frånluftsventilation med spjäll som vid haveri medgav återluftflöde. Detta har resulterat i att många anläggningar, som inte är avsedda för detta, ändå har återluftfunktion. Och dessvärre saknar de också i regel kontroll av eller rening från luftföroreningar.
- B: En positiv effekt av återluftföring är att även luften som släpps ut till omgivningen får en lägre föroreningshalt.
- C: Det kan också vara ekonomiskt fördelaktigt att återvinna luftföroreningen, t ex träspån från snickerier.

RENING – INBLANDNING AV UTELUFT

För att halten luftföroreningar i tilluften skall hållas låg krävs i industriella sammanhang att man renar frånluften. För att skapa värmeekonomi genom denna metod måste frånluften renas så att den kan utgöra cirka 80 procent av tilluften.

EKONOMI

Ju mera komplicerad reningsteknik som krävs, ju dyrare blir anläggningen. Priset ökar också starkt ju högre föroreningshalt som skall hanteras, ju högre reningsgrad som krävs, ökande luftflöde, ju lägre tilluftshalt som accepteras och ju mindre uteluft som skall blandas in i tilluften.

Tillgängligheten är viktig för ekonomin: haverier innebär inte bara direkta kostnader i form av reparationer av anläggningen, utan kan också orsaka kostnader i form av driftavbrott med produktions-

bortfall. Varje haveri försämrar också värmeekonomin.

Ett sätt att minska risken för dessa kostnader är en parallellkopplad back-up-utrustning som tar över vid haverier eller underhåll. Detta ökar investeringskostnaderna i många fall så mycket att återluft med rening inte blir lönsamt i jämförelse med värmeväxlare.

Reningsgraden är avgörande för investeringens storlek. En summarisk bedömning visar att spärrfilter för partikelavskiljning och adsorbentsystem för gasrening kostar 25–30 SEK per m³ luft som skall renas per timma.

Elektrofilter är något dyrare och absorptiva system, s k skrubbers är ännu dyrare.

Men – i några fall kan det bli marginella kostnader för återföring av luft:

- när kraven på utsläpp med frånluften är sådana att den ändå måste renas så mycket att den närmar sig renhetskraven för inre miljön
- för lokaler där tilluften måste vara mycket ren och bara mindre mängd förorening tillförs, samt
- i de fall då uteluften är så förorenad att *den* måste renas.

I de två sista exemplen förutsätts att frånluften inte är mer förorenad än uteluften.

BERÄKNING AV KOSTNADER

Driftkostnaderna består i huvudsak av energikostnaden för fläktar samt för byte av filter och adsorbent.

Generellt kan sägas, att högre avskiljningsgrad kräver mera fläktarbete och därigenom ökar kostnaderna.

Behovet av underhåll av filter och adsorptionsbädd består i byte av hela filtersystemet eller adsorptionsbädden ungefär vartannat år.

RENING AV LUFT FRÅN NÅGRA VANLIGA FÖRORENINGAR

Vilka luftföroreningar man vill ta bort beror naturligtvis på miljön och verksamheten i lokalen som luften kommer ifrån. Dessa föroreningars kemiska och fysikaliska egenskaper bestämmer i regel vilken reningsteknik som är lämpligast.

För avskiljning av *partiklar* kan man använda *elektrofilter* eller *textilt spärrfilter*.

Spärrfilter är vanliga och lämpliga för partikelavskiljning. De har också en tillgänglighet på i det närmaste 100 procent.

Elektrofilter kan vara bra vid avskiljning av mycket små partiklar, t ex ur svetsrök. För att hålla en jämn och hög verkningsgrad kräver de emellertid mycket underhåll.

Oljedimma är mycket svårhanterlig i samband med återvinning eftersom de består av olja som ofta också är i gasfas. Reningsteknik för gasfas finns inte utprovade. Detta diskvalificerar rening från oljedimma i återluftsammanhang.

Kolmonoxid kräver svåra och besvärliga tekniker med hjälp av i regel dyra katalysatorer, varför återvinning av luft innehållande denna gas inte är intressant med idag känd teknik.

Samma gäller för *koldioxid*. Koldioxid absorberas visserligen av kalkslurry eller i någon fast adsorbent. I regel går det åt stora mängder adsorbent, som inte kan renas och användas på nytt, varför tekniken inte är ekonomiskt rimlig.

Organiska lösningsmedel och *övriga organiska ämnen* renas i regel med adsorptionsteknik med aktivt kol, kiselgel, aktiverad aluminiumoxid och zeoliter som adsorbenter.

Om man har en tillräckligt hög halt av lösningsmedel i frånluften kan det löna sig att använda ett adsorptionssystem som möjliggör återvinning av utventilerade lösningsmedelsångor. Detta är endast aktuellt i processventilation, där koncentrationen är tillräckligt hög. Filtren mätas emellertid olika snabbt och det kan vara aktuellt med kontinuerlig regenerering av filtret. En tumregel kan vara att luftföroeningen i dessa sammanhang bör ligga över 10 mg/m³ för användning av regenerativ adsorbent.

Energiåtervinningen ur ventilationsluft beräknas på följande sätt:

Återluft:

Energibesparing (kWh/år) =
återluftandelen x
drifttid/år x
luftflödet (m³/sek x
14,4 kJ/kg.

Värmeväxlare:

Energibesparing (kWh/år)=
värmeväxlarens energiverkningsgrad x
drifttid/år (timmar) x
luftflödet (m³/sek) x
14,4 kJ/kg.

Återluftandel =
flödet av återluft/flödet tilluft
(ingen återluft = 0, bara återluft = 1,0).

Värmeväxlarens energiverkningsgrad

I nya värmeväxlare kan verkningsgraden vara så hög som 90 procent, men man får räkna med att den efter några år sjunker till 50 procent.

I regel är *tillgängligheten* för reningsutrustning med adsorbenter hög (>95 procent). Regenerativa system innehåller emellertid rörliga delar som sänker tillgängligheten något.

Kvävemonoxid oxideras katalytiskt till kvävedioxid som därefter adsorberas på aktivt kol.

Kvävedioxid är aktuell i samband med fordons trafik. Enligt en leverantör av utrustningar kan en gasreningsutrustning med kostnaden 25 SEK/m³ och timme ge en rening på mellan 70 och 90 procent. I ett fall renades luft från en högtrafikerad gata. Ingångsvärdet var 0,1 ppm. Efter reningen varierade halten mellan 0,01–0,03 ppm. Dvs långt under de 2 ppm som utgör HGV och under 1/20 av HGV som gäller för tilluften. Nya och lägre gränsvärden är aktuella om kvävedioxider kommer från fordonsavgaser, främst dieseldrivna.

ÖVERVAKNING AV TILLUFTEN

I lokaler med återluft med risk för emissioner av hälsovådliga ämnen bör det finnas mätsystem som varnar för halter i tilluften som överskrider det tillåtna. Utrustningen skall självfallet reagera på de ovan nämnda gränsvärdena 5 procent av HGV, med undantag av kolmonoxid och koldioxid, som får uppgå till 10 procent av HGV.

Problemet är att de flesta mätutrustningar som finns är anpassade till mätningar runt HGV.

Vid installation måste man också bestämma sig för vad som skall mätas. När det gäller kolväten kan man mäta alla kolväten med totalkolväteinstrument. För övriga ämnen eller kombinationer av ämnen kan man mäta ett enskilt ämne, eller ett man vill ha särskild kontroll över. Det kan också krävas en kombination av instrument. I vissa fall också back-up-system för parallella mätningar.

I rapporten understryks vikten av kontroll av kontrollinstrumenten, eftersom de ändras och somliga kräver service, påfyllningar av förbrukningsmedia, utbyte av förslitna delar osv.

MÄTTEKNIKER FÖR NÅGRA ÄMNEN/ ÄMNESGRUPPER

Partiklar (aerosoler)

Generellt kan sägas att luft ej bör transporteras till instrument, eftersom det uppstår förluster. Mätningen måste därför göras i ventilationskanalen. Partikelhalt kan aldrig mätas exakt med direktvisande instrument.

För kontinuerlig mätning finns de optiska instrumenten. Extinktionsinstrumenten baseras på minskat ljusgenomsläpp vid en aerosol.

Fibrösa partiklar t ex glasfiber är svåra att mäta. Om direktvisande instrument skall användas, bör de kalibreras för aktuell fibertyp.

Tryckfallsmätning över filter räcker inte som mätmetod.

Observera att mätningen blir noggrannare om instrumentet kalibreras med aktuell dammtyp. Ett instrument använt i ett gjutgodsrenseri för att varna för filterhaveri (som skapar mycket stora partikelhalter) består av två poler som vid stor partikelthet sammanbryggas, varvid en strömkrets sluts och larmet utlöses.

Priset för dammätare uppgår till 50 000–100 000 SEK.

Kolmonoxid och koldioxid mäts med fördel med infraröd spektrofotometri. För kolmonoxid finns en alternativ metod som använder halvledare. Men de anses osäkra vid de låga halter som är aktuella. IR-instrumenten ligger på prisnivåer på mellan 50 000 och 100 000 SEK.

För mätning av *organiska lösningsmedel*, gaser och aerosoler, kan totalkolväteinstrument med flamjonisationsdetektor eller IR-instrument användas. Dessa instrument lämpar sig bäst där ett ämne skall bevakas, det kostar mellan 100 000 och 150 000 SEK och måste kalibreras regelbundet. Någon möjlighet att mäta halter av flera lösningsmedel på en gång finns inte idag, men FTIR-instrument kan möjliggöra detta i framtiden. Kostnaderna ligger för dessa på cirka 400 000 SEK.

Andra organiska ämnen kan i de flesta fall mätas med samma teknik som lösningsmedel.

Instabila och reaktiva ämnen kan vara svåra att mäta.

Kväveoxider kan mätas enbart med kemiluminescens som är en dyr metod. Inte minst pga de

relativt täta kalibreringarna med kalibrergas förvarad i specialcylindrar.

Frånluft innehållande *svaveldioxid* och *svavelväte* bör ej återföras.

Oljedimma kan idag inte mätas kontinuerligt. Vissa möjligheter kan i vissa fall finnas med kombination av dammätare och totalkolväteinstrument.

SLUTSATS

Som framgått av vad ovan sagts är alltså att konstatera

att värmeåtervinning är lönsam

att största säkerheten för god tilluft nås med värmväxlare

att värmväxlare i vissa fall är enda alternativet, men

att återluft kan vara en acceptabel metod om man i förväg övertygar sig om att avskiljningen av skadliga ämnen ur frånluften är tillräcklig och att fungerande kontrollsystem finns för att tilluften är tillräckligt ren.

RAPPORTEN

Är återluft lönsam? En jämförelse av säkra återluftssystem och värmväxlare för värmeåtervinning ur industriell ventilationsluft (33 sid) kan beställas från IVL, Biblioteket, Box 21060, 100 31 Stockholm, tel 08-729 15 35. Pris: 200 kronor.